

**(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)**

**(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle**
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
7 novembre 2002 (07.11.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/088589 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : F16L 9/12

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP02/04849

(22) Date de dépôt international : 26 avril 2002 (26.04.2002)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
2001/0291 27 avril 2001 (27.04.2001) BE

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
SOLVAY (SOCIÉTÉ ANONYME) [BE/BE]; Rue du Prince Albert, 33, B-1050 Bruxelles (BE).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : DEHEN-NAU, Claude [BE/BE]; Chemin des Postes, 236, B-1410 Waterloo (BE). MATZ, Pierre [BE/BE]; Rue du Trichon, 100, B-1457 Nil Saint-Vincent (BE).

(74) Mandataires : DECAMPS, Alain etc.; Solvay (Société Anonyme), Département de la Propriété Intellectuelle, Rue de Ransbeek, 310, B-1120 Bruxelles (BE).

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

- relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17.ii)) pour les désignations suivantes AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)
- relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)) pour la désignation suivante US
- relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)) pour la désignation suivante US
- relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(54) Title: REINFORCED PLASTIC TUBE AND METHOD FOR MAKING SAME

(54) Titre : TUBE RENFORCE EN MATIERE PLASTIQUE ET PROCEDE DE FABRICATION DUDIT TUBE

(57) Abstract: The invention concerns a reinforced tube obtained by winding on a tubular mandrel based on a polymer composition reinforcing strips comprising a polymer composition oriented in crossed layers at an equal opposite angle relative to the direction of the tube. The strips are selected among those whereof the polymer composition exhibits specific mechanical properties of tensile strength.

(57) Abrégé : Tube renforcé obtenu par enroulement sur un mandrin tubulaire à base d'une composition polymérique de bandes de renforcement comprenant une composition polymérique orientée en couches croisées selon un angle égal et opposé par rapport à la direction du tube. Les bandes sont sélectionnées parmi celles dont la composition polymérique présente des propriétés mécaniques de résistance en traction particulières.

WO 02/088589 A1

Tube renforcé en matière plastique et procédé de fabrication dudit tube

La présente invention concerne un tube en matière plastique renforcé pour résister aux sollicitations mécaniques.

Les tubes devant résister à des sollicitations mécaniques importantes telles que les tubes de grand diamètre et/ou les tubes soumis à haute pression interne peuvent être produits de manière économique en fonte ductile. Les tubes en matière plastique sont cependant préférés dans nombre de cas à la fonte en raison de leur beaucoup plus grande légèreté et de leur remarquable résistance à la corrosion.

Pour résister aussi bien que la fonte aux fortes sollicitations mécaniques, les tubes en matières plastiques traditionnelles doivent comporter une épaisseur de paroi plus élevée, ce qui en grève le coût et les rend moins compétitifs par rapport aux tubes en fonte ductile.

Par ailleurs, les tubes en matière plastique présentent souvent une faible résistance au fluage sous contrainte prolongée. Il est cependant très important, dans le cas de certains types d'utilisation, que la résistance de ces tubes, par exemple la résistance à l'éclatement, ne se dégrade pas au bout d'une longue période d'utilisation qui peut s'étendre sur parfois plusieurs dizaines d'années.

Pour résoudre ce problème, plusieurs solutions ont été envisagées. Une première solution a consisté en la production de tubes dont la matière plastique est biorientée dans les directions parallèle et perpendiculaire à l'axe du tube. L'opération de biorientation ne peut cependant être effectuée que sur le tube préalablement formé par extrusion, ce qui rend le procédé discontinu et en grève le coût. Par ailleurs, le maintien de la biorientation de la matière lors de la pose de raccords nécessite l'observance de précautions particulières impliquant l'utilisation de nombreux raccords spéciaux. En outre, le renforcement obtenu selon cette technique est surtout efficace dans le sens longitudinal et ne résout que très partiellement le problème de la résistance aux efforts radiaux qui représentent les contraintes maximales dans certaines applications, par exemple le transport de fluides sous pression. Jusqu'à présent, les tentatives effectuées pour rendre le procédé de biorientation continu n'ont pas encore porté pleinement leurs fruits, en raison des contraintes technologiques et du surcoût

- 2 -

important qu'elles induisent, en regard du gain de résistance encore insuffisant que l'on obtient.

Une autre solution a été de placer des renforts sur les tubes en matière plastique, comme par exemple l'enroulement, en continu, de fibres (en verre, par exemple) imprégnées par une résine thermoplastique ou thermodurcissable ("COFITS"). Toutefois, cette solution n'est pas non plus sans défauts, car ces enroulements sont généralement fragiles et augmentent fortement la densité du tube renforcé résultant ainsi que son coût. Par ailleurs, l'efficacité de ces renforcements ne demeure pas toujours stable au cours du temps et le recyclage du tube en fin de vie est souvent difficile en raison de l'imbrication dans le polymère du tube de matières étrangères délicates à séparer.

On connaît aussi le brevet US-A-4,093,004 qui divulgue le principe du renforcement de mandrins en diverses matières (carton, papier, caoutchouc, bois ou matière plastique) au moyen de bandes en polyoléfine orientée. Le tube renforcé obtenu ne présente cependant pas une résistance suffisante, en particulier une résistance à l'éclatement, pour être utilisé en toute sécurité pour des durées longues dans le transport de fluides sous pression.

L'invention a pour objet de résoudre les problèmes posés par les systèmes de renforcement connus évoqués ci-dessus, tout en maintenant le coût de production dans des limites acceptables et concurrentielles avec les tubes en fonte ductile.

A cet effet, l'invention concerne un tube multicouche renforcé en matière plastique constitué d'un mandrin tubulaire à base d'une composition polymérique sur lequel sont enroulées des bandes de renforcement comprenant une composition polymérique orientée, selon lequel on sélectionne les bandes parmi celles qui vérifient la relation suivante :

$$\frac{IR}{IR_0} \geq 4$$

où :

IR est un indice de résistance de la bande de renforcement, calculé comme suit :

$$IR = \frac{\sigma}{\sqrt[3]{E}}$$

avec :

5 σ qui représente la valeur maximale de la contrainte atteinte lors d'un essai de traction des bandes dans le sens de l'orientation, pour un allongement correspondant au point de yield du mandrin ou, à défaut, au point de rupture de la bande si l'allongement en ce point de rupture est inférieur à celui de l'allongement au point de yield du mandrin,

10 E qui est le module élastique en traction des bandes orientées;

15 $IR_0 = \frac{\sigma_0}{\sqrt[3]{E_0}}$ est l'indice de résistance du mandrin;

20 σ_0 et E_0 sont respectivement la contrainte au point de yield et le module élastique en traction du mandrin; dans laquelle, σ , E , σ_0 et E_0 sont exprimés dans les mêmes unités arbitraires de tension,

25 et en ce qu'il comprend au moins deux couches de bandes enroulées sur le mandrin, chaque couche étant constituée de bandes présentant un angle semblable et de signe opposé aux bandes de l'autre couche par rapport à la direction du tube.

30 Dans cette définition, le vocable "angle semblable" signifie un angle au moins égal au même angle moins 5 degrés d'angle. Le vocable "angle semblable" comprend aussi un angle au plus égal au même angle plus 5 degrés d'angle. De préférence, ce vocable signifie un angle au moins égal au même angle moins 2 degrés d'angle. De préférence aussi, il comprend un angle au plus égal au même angle plus 2 degrés d'angle.

35 Par point de yield, on entend désigner le point de la courbe d'essai en traction : tension - allongement de la matière plastique considérée à partir duquel la tension à appliquer nécessaire pour l'obtention d'un allongement supplémentaire commence à baisser par rapport aux tensions requises pour obtenir les allongements inférieurs à celui correspondant à ce point.

40 Par tube renforcé, on entend désigner un tube dont les propriétés mécaniques intrinsèques de la composition de matière de base qui le constitue sont modifiées par la présence d'une composition de matière additionnelle différente de cette matière de base et qui apporte par sa présence un supplément de résistance mécanique. La composition de matière de base est une composition

polymérique qui représente au moins 40 % en poids du poids total du tube renforcé. Le mandrin est constitué de la composition polymérique de base. La composition de matière additionnelle est matérialisée par les bandes de renforcement.

5 Par matière plastique on entend désigner toute matière comprenant au moins un polymère en résine de synthèse.

Tous les types de matière plastique peuvent convenir. Des matières plastiques convenant bien appartiennent à la catégorie des matières thermoplastiques.

10 Par matière thermoplastique, on désigne tout polymère thermoplastique, y compris les élastomères thermoplastiques, ainsi que leurs mélanges. On désigne par le terme "polymère" aussi bien les homopolymères que les copolymères (binaires ou ternaires notamment). Des exemples de tels copolymères sont, de manière non limitative : les copolymères à distribution aléatoire, les copolymères à blocs et les copolymères greffés.

15 Tout type de polymère ou de copolymère thermoplastique dont la température de fusion est inférieure à la température de décomposition conviennent. Les matières thermoplastiques de synthèse qui présentent une plage de fusion étalée sur au moins 10 degrés Celsius conviennent particulièrement bien. Comme exemple de telles matières, on trouve celles qui présentent une polydispersion de leur masse moléculaire.

20 En particulier, on peut utiliser des polyoléfines, des polyhalogénures de vinyle, des polyesters thermoplastiques, des polycétones, des polyamides et leurs copolymères. Un mélange de polymères ou de copolymères peut aussi être utilisé, de même qu'un mélange de matières polymériques avec des charges inorganiques, organiques et/ou naturelles comme, par exemple, mais non limitativement : le carbone, les sels et autres dérivés inorganiques, les fibres naturelles ou polymériques. Il est également possible d'utiliser des structures multicouches constituées de couches empilées et solidaires comprenant au moins un des polymères ou copolymères décrits *supra*.

30 Un polymère souvent employé est le polyéthylène. D'excellents résultats ont été obtenus avec du polyéthylène haute densité (PEHD).

35 Le constituant de base du tube renforcé selon l'invention est un mandrin tubulaire, c'est-à-dire un objet creux en forme de tube. Il est constitué, au moins partiellement, d'une composition polymérique.

Des autres constituants du tube renforcé selon l'invention sont les bandes de renforcement qui comprennent une composition de matière additionnelle apportant le supplément de résistance mécanique nécessaire pour conférer au tube renforcé les propriétés mécaniques adéquates pour l'usage auquel il est destiné.

La matière additionnelle présente dans les bandes de renforcement du tube selon l'invention comprend au moins une composition polymérique orientée. Elle peut comprendre une seule composition polymérique orientée. Alternativement, elle peut aussi comprendre un mélange de plusieurs compositions polymériques et éventuellement d'additifs non polymériques dont au moins un des polymères est orienté. Le polymère peut être tout polymère thermoplastique susceptible de pouvoir être présent dans les bandes sous forme orientée, c'est-à-dire ayant au moins 20 % en poids des chaînes moléculaires qui le composent disposées selon une même direction. De préférence la direction de l'orientation est celle de la longueur de la bande. On peut choisir pour polymère orienté tout type de polymère thermoplastique qui se prête bien à l'orientation de ses chaînes de molécules. Généralement, on utilise un polymère orienté dont la nature est la même que celle des polymères servant couramment à la production de tubes devant résister à la pression. Des exemples intéressants de tels polymères dans le cas d'un mandrin en polyéthylène haute densité (HDPE) sont, non limitativement, les résines HDPE multimodales et les résines réticulables.

Les résines multimodales sont celles qui présentent une distribution de masse moléculaire à plusieurs extrema. Les résines HDPE bimodales, à deux extrema, sont préférées.

Les résines HDPE réticulables sont des résines HDPE qui se comportent lors de leur mise en œuvre comme des résines HDPE thermoplastiques traditionnelles et qui peuvent ensuite, après mise en forme, être réticulées et durcies par un procédé quelconque (action de peroxydes, irradiation, ...)

Si plusieurs polymères orientés sont présents, ils partagent la même direction d'orientation. Le polymère orienté des bandes peut être de même nature qu'un des polymères de la composition polymérique de base constituant le mandrin. Il peut aussi, au contraire, être un polymère non présent dans cette composition polymérique de base, si les circonstances d'utilisation l'exigent ou sont peu compatibles avec l'emploi d'un polymère identique.

Avantageusement, le tube renforcé selon l'invention comprend un nombre pair de couches de bandes de renforcement enroulées sur le mandrin.

De préférence, une couche d'adhésif est intercalée entre le mandrin et la couche de bandes adjacente, ainsi qu'entre chaque couche de bandes.

Par adhésif, on entend désigner tout adhésif compatible avec la composition du mandrin et celle des bandes de renforcement. L'adhésif le plus employé est généralement un adhésif polymère qui peut se présenter sous la forme d'un polyuréthane ou d'une polyoléfine fonctionnalisée. Par polyoléfine fonctionnalisée, on entend désigner toute polyoléfine comprenant, outre des unités dérivées d'oléfines, des unités monomériques fonctionnelles. Celles-ci peuvent être incorporées soit dans la chaîne principale de la polyoléfine, soit dans ses chaînes latérales. Elles peuvent également être incorporées directement dans le squelette de ces chaînes principales et latérales, par exemple par copolymérisation d'un ou de plusieurs monomères fonctionnels avec le ou les monomères oléfiniques ou encore résulter du greffage d'un ou de plusieurs monomères fonctionnels sur lesdites chaînes, ultérieurement à la fabrication de la polyoléfine. Plusieurs polyoléfines fonctionnalisées peuvent aussi être utilisées en mélange.

On choisit les unités monomériques fonctionnelles de la polyoléfine fonctionnalisée parmi les acides carboxyliques, les diacides carboxyliques et les anhydrides correspondant à ces diacides. Ces unités monomériques proviennent généralement de la copolymérisation ou du greffage d'au moins un monomère insaturé possédant les mêmes fonctions. Des exemples de monomères utilisables sont, non limitativement, l'acide acrylique, l'acide méthacrylique, l'acide maléique, l'acide fumarique, l'acide itaconique, l'anhydride maléique, l'anhydride fumarique et l'anhydride itaconique. De préférence, les unités monomériques fonctionnelles proviennent de la copolymérisation ou du greffage d'anhydride maléique.

De préférence, le nombre de couches et les angles des bandes de renforcement sont choisis de telle manière à conférer au tube fini une résistance au moins suffisante pour lui permettre de résister durablement aux contraintes exercées.

Le tube renforcé comprendra en général au moins deux couches de bandes de renforcement. Lorsqu'il comprend deux couches de bandes, elles présentent entre elles, par rapport à la direction du tube, un angle semblable, mais de signe opposé. Le vocable "semblable" a ici le même sens que celui explicité plus haut.

- 7 -

Lorsque le tube renforcé comprend plus de deux couches de bandes de renforcement, deux couches adjacentes quelconques de ce tube présentent, de préférence, un angle semblable et de signe opposé par rapport à la direction du tube.

5 Selon une forme particulière avantageuse de l'invention, les bandes de renforcement du tube sont enroulées à spires jointives. Plus avantageusement, ces bandes de renforcement sont aussi protégées par deux couches polymériques non orientées. Le terme "protégées" se comprend ici dans le sens d'une protection mécanique à l'encontre de toute altération d'origine mécanique qui 10 résulterait de sollicitations de l'environnement extérieur au tube renforcé. De préférence, la composition polymérique de ces couches de protection est compatible avec la composition polymérique orientée de la couche de renforcement. De préférence encore, la première de ces couches, celle qui est la plus intérieure, est formée de bandes enroulées elles aussi à spires jointives.

15 Avantageusement, la deuxième couche de protection, située à la périphérie extérieure du tube renforcé est une couche pleine tubulaire formée d'une seule pièce et servant de couche de finition. Par composition polymérique compatible avec une composition polymérique orientée, on entend toute composition polymérique miscible à l'état fondu à cette composition orientée, qui ne provoque pas de réaction physique ou chimique indésirable susceptible d'affecter 20 l'orientation d'au moins un polymère de cette dernière.

Il est aussi particulièrement intéressant que la nature de chacun des constituants du tube soit choisie judicieusement en vue de permettre son recyclage et sa réutilisation, en mélange dans une des couches d'un nouveau 25 tube. Cette faculté devrait dans ce cas pouvoir être garantie aussi bien lors de la fabrication d'un nouveau tube (par l'utilisation de cassés de fabrication) que sur un tube usagé, en fin de période d'utilisation.

30 L'invention concerne aussi un procédé pour la production d'un tube renforcé en matière plastique comprenant l'application par enroulement autour d'un mandrin tubulaire à base d'une composition polymérique, de bandes de renforcement comprenant une composition polymérique orientée, caractérisé en ce que les bandes sont choisies parmi celles qui vérifient la relation suivante :

$$\frac{IR}{IR_0} \geq 4$$

IR est un indice de résistance de la bande de renforcement, calculé comme suit :

$$\text{IR} = \frac{\sigma}{\sqrt[3]{E}}$$

avec :

5 σ qui représente la valeur maximale de la contrainte atteinte lors d'un essai de traction des bandes dans le sens de l'orientation, pour un allongement correspondant au point de yield du mandrin ou, à défaut, au point de rupture de la bande si l'allongement en ce point de rupture est inférieur à celui de l'allongement au point de yield du mandrin,

10

E qui est le module élastique en traction des bandes orientées;

$$\text{IR}_0 = \frac{\sigma_0}{\sqrt[3]{E_0}}$$

est l'indice de résistance du mandrin;

15 σ_0 et E_0 sont respectivement la contrainte au point de yield et le module élastique en traction du mandrin; dans laquelle, σ , E , σ_0 et E_0 sont exprimés dans les mêmes unités arbitraires de tension,

et en ce qu'il comprend au moins deux couches de bandes enroulées sur le

20 mandrin, chaque couche étant constituée de bandes présentant un angle semblable et de signe opposé aux bandes de l'autre couche par rapport à la direction du tube.

Le point de yield et le vocable "semblable" ont ici les mêmes significations que celles déjà explicitées plus haut pour le tube renforcé.

25 Les bandes de renforcement peuvent être collées sur le mandrin et/ou sur la couche de bandes sous-jacente au moyen d'un adhésif. Les adhésifs utilisés sont les mêmes que ceux décrits *supra* pour le tube renforcé.

Selon une forme particulière du procédé conforme à l'invention, on préencolle les bandes de renforcement utilisées au moyen d'un adhésif activable par réchauffement.

L'emploi d'un adhésif de ce type offre l'avantage de limiter la durée d'échauffement des bandes de renforcement à celle strictement nécessaire au développement de l'effet adhésif, de manière à protéger au mieux le maintien de

l'orientation de la composition polymérique des bandes de renforcement, propriété généralement connue pour se dégrader sous l'effet de la chaleur.

Selon cette forme de réalisation particulière du procédé conforme à l'invention, on peut en outre améliorer encore la protection de l'orientation moléculaire du polymère de la composition des bandes de renforcement en enroulant par-dessus celles-ci une bande mince de protection thermique qui comprend une composition polymérique non orientée de nature chimique compatible avec celle de la composition polymérique orientée des couches sous-jacentes. Ces bandes de protection sont collées aux bandes orientées au moyen d'une colle organique sans solvant ou au moyen d'une colle polymère fondant à une température suffisamment basse que pour ne pas altérer l'orientation des molécules de ces bandes de renforcement orientées.

L'épaisseur de cette bande dépend de l'importance de ses propriétés d'écran thermique et ne dépasse pas celle qui permet une relativement bonne stabilité de l'orientation moléculaire des couches sous-jacentes. Il est par ailleurs avantageux que cette bande de protection thermique soit fortement transparente au rayonnement infrarouge afin de permettre l'activation de la colle via un rayonnement de ce type, à l'exclusion d'autres sources de chaleur.

Selon une variante au procédé particulier conforme à l'invention, on dépose selon une technique d'extrusion-couchage par-dessus la bande mince de protection thermique, une couche extérieure de finition comprenant une composition polymérique non orientée compatible avec celle de la bande mince de protection thermique sous-jacente. Cette dépose peut avantageusement se faire à l'aide d'une filière circulaire entourant le tube renforcé au travers de laquelle on fait passer la couche de finition.

La couche extérieure de finition a pour but de calibrer de manière précise les dimensions extérieures du tube et de permettre la compatibilité avec des raccords posés par collage ou par thermosoudage.

Avantageusement, on règle l'épaisseur de la bande mince pour qu'elle serve d'écran thermique efficace, comme exposé ci-dessus, lors de l'extrusion-couchage de la couche de finition de manière à limiter au maximum la perte d'orientation de la composition polymérique orientée des bandes de renforcement.

Les exemples qui suivent sont donnés en vue d'illustrer l'invention, sans en limiter en aucune manière sa portée.

- 10 -

On a comparé des mesures de contrainte et les modules élastiques en traction de 4 polymères différents que l'on a utilisés pour fabriquer des bandes de 0,9 mm d'épaisseur. Ces bandes ont été enroulées autour d'un mandrin en polyéthylène haute densité (PEHD) en forme de tube de 3.85 mm d'épaisseur de 5 paroi (dénommé TUB121 ci-après). Deux couches croisées de chacune de ces bandes ont été appliquées sur le mandrin en réalisant un angle de + 55 degrés et de - 55 degrés par rapport à la direction du mandrin, excepté pour le polymère HDPE cristallin type "Leeds1" où 4 couches de bandes (présentant les mêmes angles que les bandes des autres tubes) ont été nécessaires pour réaliser un 10 enroulement cohérent. Dans le cas de ce dernier polymère HDPE cristallin, l'investissement nécessaire qui doit être réalisé pour le dispositif d'enroulage est doublé par rapport à celui des autres polymères examinés.

On a ensuite mesuré la pression d'éclatement instantanée du tube selon la norme ISO 9080

15 Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau suivant :

N° de l'essai	Type de tube/bandes	Contrainte q _c MPa	Module élastique en traction, MPa	IR/IR ₀	Pression d'éclatement, bar
1R	TUB121/néant (mandrin non renforcé)	25	1000	1.0	40
2R	TUB121/HDPE orienté en fondu	25	424	1.3	40
3	TUB121/HDPE orienté 11-3	153	1741	5.1	100
4	TUB121/HDPE orienté K17	220	2545	6.4	135
5R	TUB121/Leeds1	147	10209	2.7	90

Les essais N° 1R, 2R et 5R sont des essais de référence non conformes à l'invention. Les essais 3 et 4 sont conformes à l'invention. On voit que les tubes

- 11 -

renforcés réalisés dans les essais 3 et 4, qui sont les seuls où le rapport des indices IR/IR_0 est supérieur au nombre 4, présentent des pressions d'éclatement optimales, car les plus élevées et répondant aux spécifications requises pour l'usage visé par les tubes renforcés.

- 12 -

REVENDEICATIONS

1. - Tube multicouche renforcé en matière plastique constitué d'un mandrin tubulaire à base d'une composition polymérique sur lequel sont enroulées des bandes de renforcement comprenant une composition polymérique orientée,
 5 caractérisé en ce qu'on sélectionne les bandes parmi celles qui vérifient la relation suivante :

$$\frac{IR}{IR_0} \geq 4$$

où :

10 IR est un indice de résistance de la bande de renforcement, calculé comme suit :

$$IR = \frac{\sigma}{\sqrt[3]{E}}$$

avec :

15 σ qui représente la valeur maximale de la contrainte atteinte lors d'un essai de traction des bandes dans le sens de l'orientation, pour un allongement correspondant au point de yield du mandrin ou, à défaut, au point de rupture de la bande si l'allongement en ce point de rupture est inférieur à celui de l'allongement au point de yield du mandrin,

20 E qui est le module élastique en traction des bandes orientées;

$$IR_0 = \frac{\sigma_0}{\sqrt[3]{E_0}}$$

est l'indice de résistance du mandrin;

σ_0 et E_0 sont respectivement la contrainte au point de yield et le module élastique en traction du mandrin;

25 dans laquelle, σ , E , σ_0 et E_0 sont exprimés dans les mêmes unités arbitraires de tension,

et en ce qu'il comprend au moins deux couches de bandes enroulées sur le mandrin, chaque couche étant constituée de bandes présentant un angle

- 13 -

semblable et de signe opposé aux bandes de l'autre couche par rapport à la direction du tube.

2. - Tube selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un nombre pair de couches de bandes de renforcement enroulées sur le mandrin.

5 3. - Tube selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une couche d'adhésif est intercalée entre le mandrin et la couche de bandes adjacente, ainsi qu'entre chaque couche de bandes.

10 4. - Tube selon une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les bandes de renforcement sont protégées par une première couche mince formée de bandes enroulées à spires jointives comprenant une composition polymérique non orientée compatible avec la composition polymérique orientée des couches de renforcement sous-jacentes et par une deuxième couche extérieure pleine tubulaire et formée d'une seule pièce de cette même composition polymérique non orientée, servant de couche de finition.

15 5. - Procédé pour la production d'un tube renforcé en matière plastique comprenant l'application par enroulement autour d'un mandrin tubulaire à base d'une composition polymérique, de bandes de renforcement comprenant une composition polymérique orientée, caractérisé en ce que les bandes sont choisies parmi celles qui vérifient la relation suivante :

$$20 \quad \frac{IR}{IR_0} \geq 4$$

où :

IR est un indice de résistance de la bande de renforcement, calculé comme suit :

$$IR = \frac{\sigma}{\sqrt[3]{E}}$$

25 avec :

σ qui représente la valeur maximale de la contrainte atteinte lors d'un essai de traction des bandes dans le sens de l'orientation, pour un allongement correspondant au point de yield du mandrin ou, à défaut, au point de rupture de la bande

si l'allongement en ce point de rupture est inférieur à celui de l'allongement au point de yield du mandrin,
et E qui est le module élastique en traction des bandes orientées;

5 $IR_0 = \frac{\sigma_0}{\sqrt[3]{E_0}}$ est l'indice de résistance du mandrin;

σ_0 et E_0 sont respectivement la contrainte au point de yield et le module élastique en traction du mandrin;

dans laquelle, σ , E , σ_0 et E_0 sont exprimés dans les mêmes unités arbitraires de tension,

10 et en ce qu'il comprend au moins deux couches de bandes enroulées sur le mandrin, chaque couche étant constituée de bandes présentant un angle semblable et de signe opposé aux bandes de l'autre couche par rapport à la direction du tube.

15 6. - Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'on préencolle les bandes de renforcement utilisées au moyen d'un adhésif activable par réchauffement.

20 7. - Procédé selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce qu'on enroule par-dessus les bandes de renforcement une bande mince de protection thermique comprenant une composition polymérique non orientée de composition chimique compatible avec celle de la composition polymérique orientée des couches de renforcement sous-jacentes.

25 8. - Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'on dépose selon une technique d'extrusion-couchage par-dessus la bande mince de protection thermique, une couche extérieure de finition comprenant une composition polymérique non orientée compatible avec celle de la bande mince de protection thermique sous-jacente, à l'aide d'une filière circulaire au travers de laquelle on fait passer la couche de finition.

30 9. - Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'épaisseur de la bande mince est réglée pour servir d'écran thermique efficace lors de l'extrusion-couchage de la couche de finition de manière à limiter au

- 15 -

maximum la perte d'orientation de la composition polymérique orientée des bandes de renforcement.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/EP 02/04849

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F16L9/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F16L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 99 08033 A (EXXON RESEARCH ENGINEERING CO) 18 February 1999 (1999-02-18) abstract; figures	1-9
A	EP 0 697 553 A (POLVA PIPELINE BV) 21 February 1996 (1996-02-21) abstract	1-9
A	WO 92 01885 A (WAVIN BV) 6 February 1992 (1992-02-06) abstract; figure 1	1-9

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *g* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 August 2002

Date of mailing of the international search report

14/08/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Budtz-Olsen, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/04849

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 9908033	A	18-02-1999	WO	9908033 A1		18-02-1999
			AU	3742497 A		01-03-1999
			CA	2194788 A1		31-07-1997
			EP	1015801 A1		05-07-2000
			JP	9207235 A		12-08-1997
			JP	2001512814 T		28-08-2001
			NO	20000332 A		22-03-2000
EP 0697553	A	21-02-1996	BE	1008406 A3		07-05-1996
			AT	180551 T		15-06-1999
			AU	3158995 A		16-02-1996
			BE	1008712 A3		02-07-1996
			WO	9602786 A1		01-02-1996
			DE	69509832 D1		01-07-1999
			DE	69509832 T2		23-12-1999
			EP	0693650 A1		24-01-1996
			EP	0697553 A1		21-02-1996
			JP	8052814 A		27-02-1996
			US	5876829 A		02-03-1999
WO 9201885	A	06-02-1992	NL	9001653 A		17-02-1992
			AT	103051 T		15-04-1994
			AU	8098491 A		18-02-1992
			DE	69101442 D1		21-04-1994
			DE	69101442 T2		01-09-1994
			DK	539429 T3		22-08-1994
			EP	0539429 A1		05-05-1993
			ES	2054499 T3		01-08-1994
			JP	5508466 T		25-11-1993
			WO	9201885 A1		06-02-1992

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/EP 02/04849

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 F16L9/12

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 F16L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 99 08033 A (EXXON RESEARCH ENGINEERING CO) 18 février 1999 (1999-02-18) abrégé; figures	1-9
A	EP 0 697 553 A (POLVA PIPELIFE BV) 21 février 1996 (1996-02-21) abrégé	1-9
A	WO 92 01885 A (WAVIN BV) 6 février 1992 (1992-02-06) abrégé; figure 1	1-9

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinente, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
7 août 2002	14/08/2002
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patenlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax. (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé Budtz-Olsen, A

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/EP 02/04849

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9908033	A 18-02-1999	WO 9908033 A1 AU 3742497 A CA 2194788 A1 EP 1015801 A1 JP 9207235 A JP 2001512814 T NO 20000332 A	18-02-1999 01-03-1999 31-07-1997 05-07-2000 12-08-1997 28-08-2001 22-03-2000
EP 0697553	A 21-02-1996	BE 1008406 A3 AT 180551 T AU 3158995 A BE 1008712 A3 WO 9602786 A1 DE 69509832 D1 DE 69509832 T2 EP 0693650 A1 EP 0697553 A1 JP 8052814 A US 5876829 A	07-05-1996 15-06-1999 16-02-1996 02-07-1996 01-02-1996 01-07-1999 23-12-1999 24-01-1996 21-02-1996 27-02-1996 02-03-1999
WO 9201885	A 06-02-1992	NL 9001653 A AT 103051 T AU 8098491 A DE 69101442 D1 DE 69101442 T2 DK 539429 T3 EP 0539429 A1 ES 2054499 T3 JP 5508466 T WO 9201885 A1	17-02-1992 15-04-1994 18-02-1992 21-04-1994 01-09-1994 22-08-1994 05-05-1993 01-08-1994 25-11-1993 06-02-1992